

7

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-049047
(43)Date of publication of application : 20.02.1996

(51)Int. CI. C22C 38/00
B22F 1/00
C22C 38/24
C22C 38/52
C22C 38/54

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 06-182595 (71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP
(22)Date of filing : 03.08.1994 (72)Inventor : NITTA MINORU

(54) ALLOY STEEL POWDER FOR POWDER METALLURGY

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain alloy steel powder having satisfactory compressibility and giving a high strength sintered material and a high strength carburized and hardened material.

CONSTITUTION: Alloy steel powder contg. $\leq 0.02\%$ C, $\leq 0.1\%$ Si, $\leq 0.3\%$ Mn, 0.1-6.0% Mo, 0.05-2.0% V and $\leq 0.25\%$ O is used as a base and mixed with powders of Mo, Cu, Ni, Co and W or these powders are diffused and stuck to the alloy steel powder.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.02.2001

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3446322

[Date of registration] 04.07.2003

(4) JP 8-49047 A

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-49047

(43) 公開日 平成8年(1996)2月20日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 4			
B 2 2 F 1/00		U		
C 2 2 C 38/24				
38/52				
38/54				

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平6-182595	(71) 出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22) 出願日	平成6年(1994)8月3日	(72) 発明者	新田 稔 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社ハイテク研究所内
		(74) 代理人	弁理士 小林 英一

(54) 【発明の名称】 粉末冶金用合金鋼粉

(57) 【要約】

【目的】 圧縮性が良く、しかも高強度の焼結材および浸炭焼入れ材が得られるような合金鋼粉を提供する。

【構成】 C: 0.02%以下、Si: 0.1%以下、Mn: 0.3%以下、Mo: 0.1~6.0%、V: 0.05~2.0%、O: 0.25%以下の予合金鋼粉をベースとし、これにMo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉、W粉を混合または拡散付着させる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下を予合金して含み、残部がFeおよび不可避的不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【請求項2】 重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下と、Cu:4.0%以下、Ni:6.0%以下、Co:10.0%以下、W:4.0%以下のうちの1種以上とを予合金して含み、残部がFeおよび不可避的不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【請求項3】 重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下と、Nb:0.10%以下またはB:0.03%以下の1種以上とを予合金して含み、残部がFeおよび不可避的不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【請求項4】 重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下と、Cu:4.0%以下、Ni:6.0%以下、Co:10.0%以下、W:4.0%以下のうちの1種以上と、さらにNb:0.10%以下またはB:0.03%以下の1種以上とを予合金して含み、残部がFeおよび不可避的不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【請求項5】 請求項1~4のそれぞれに記載の予合金鋼粉に重量%で、Mo粉:4%以下、Cu粉:4%以下、Ni粉:10%以下、Co粉:4%以下およびW粉:4%以下のうちの1種以上の粉末を混合したことを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【請求項6】 請求項1~4のそれぞれに記載の予合金鋼粉表面上に、重量%で、Mo量:4%以下、Cu量:4%以下、Ni量:10%以下、Co量:4%以下およびW量:4%以下の1種以上の金属粉末が部分的に拡散付着していることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、高強度の焼結材、焼結浸炭焼入れ材、焼結鍛造材および焼結鍛造浸炭焼入れ材の製造に適した、粉末冶金用のMo-V予合金鋼粉およびMo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉およびW粉の1種以上を部分的に拡散付着した部分拡散Mo-V予合金鋼粉に関するものであり、浸炭、窒化、焼入れ等の熱処理用として好適に用いられる。

【0002】

【従来の技術】合金鋼粉を原料にした粉末冶金プロセスで製造される焼結材、焼結浸炭焼入れ材、焼結鍛造材、焼結鍛造浸炭焼入れ材等（サイジングやコイニングや切削や穿孔等の加工による寸法や形状の矯正・造形加工、ショットピーニングや浸炭窒化等の表面処理も含むので以下「焼結熱処理材」という）は、次第に高強度部品の領域にまで拡大されつつある。例えば、自動車部品としてのギヤなどには高い引張強さと疲れ強さが要求される。粉末冶金法で自動車ギヤを製造する場合、引張強さと疲れ強さの向上のためにMo、Cu、Ni、Co、W、Mn、Cr、V、P、Siなどを合金化させた鉄系の焼結熱処理材を製造し、浸炭、窒化-焼入れ-焼戻し熱処理を行う。一般に、鉄系の焼結熱処理材は、その引張強さが高いほど疲れ強さも高くなるので、引張強さの高くなる合金鋼粉の開発が行われてきている。鉄系の焼結熱処理材の高強度化には、①基地（マトリックスともいう）強化、②高圧縮性（空孔減少化）および③低酸素量化（低介在物量化）を図る必要があり、鉄粉の製造工程あるいは圧縮成形する前の混合工程（原料粉の段階ともいう）で、C、Mo、Cu、Ni、Co、W、Mn、Cr、V、P、Siなどの合金元素を加える。

【0003】原料粉の段階で、C、Mo、Cu、Ni、Co、W、Mn、Cr、V、P、Siなどの合金元素を加えた粉末として、

(1) 純鉄粉に各合金元素粉末を配合した混合粉

(2) 完全に各元素を合金化した予合金鋼粉

(3) 純鉄粉や予合金鋼粉の表面に各合金元素粉末を部分的に拡散付着した部分拡散合金鋼粉（複合金鋼粉ともいう）が製造されている。

【0004】(1)の純鉄粉に各合金元素粉末を配合した混合粉は、②の純鉄粉並みの高圧縮性を確保できるという利点がある。しかしながら、焼結の際には、添加したFeより活性金属であるMn、Cr、V、Siなどは焼結雰囲気や浸炭雰囲気中のCO₂濃度や露点を低く厳密に制御しないと酸化を起こして③の低酸素量化を図れず、さらに、各合金元素がFe中に十分拡散せず不均質組織のままとなって①の基地強化を達成できないという問題がある。

【0005】このために、(1)の純鉄粉に各合金元素粉末を配合した混合粉は、近年の高強度化の要求に対応できず、使用されない状態に至っている。これに対し、(2)の各元素を完全に合金化した予合金鋼粉は、溶鋼をアトマイズして製造するため、溶鋼のアトマイズ工程での酸化と完全合金化による固溶硬化作用を生ずるが、Mo、Mn、Cr、V、Siなどの合金元素の種類と量を限定することにより、③の低酸素量化と②の純鉄粉並みの高圧縮性とを確保できる。また、①の完全合金化による基地強化の可能性があり、高強度用の予合金鋼粉として開発が行われている。

【0006】また、(3)の部分拡散合金鋼粉は、純鉄粉

や予合金鋼粉に各元素の金属粉末を配合し非酸化性または還元性の雰囲気のもとで加熱して、純鉄粉や予合金鋼粉の表面に各金属粉末を部分的に拡散接合して製造するため、(1)の混合粉および(2)の予合金鋼粉の良い点を組み合わせることができる。したがって③の低酸素量化と②の純鉄粉並みの高圧縮性とを確保でき、完全合金相と部分的な濃化相からなる複合組織となつて①の基地強化の可能性があり、高強度用の部分拡散予合金鋼粉として開発が行われている。

【0007】予合金鋼粉および部分拡散予合金鋼粉の基本的な合金成分としてMoが多くの場合用いられている。これは鉄鋼材料の強化元素としてMoが用いられるのと同じ理由による。すなわち、Moは鉄鋼材料においてフェライトの生成を防ぎ、ベイナイト組織化して母相(マトリックス)を変態強化し、母相と炭化物に分配して母相を固溶強化するとともに、微細炭化物となつて母相を析出強化する。さらには、ガス浸炭性が良く非粒界酸化元素なので浸炭強化する。

【0008】そこで、Moを必須として含みMn、Cr、V、Siを制限した高強度用の予合金鋼粉に関するものとして、特公昭58-10962号公報、特公平4-74406号公報、特開昭59-226153号公報、特公平4-59361号公報、特開昭61-295302号公報およびW090/06198号公報が知られている。また、Moを必須として含み、Mn、Cr、V、Siを制限した高強度用の予合金鋼粉を母粉として、これにCu粉または酸化Cu粉およびNi粉または酸化Ni粉を部分的に拡散付着した部分拡散予合金鋼粉に関するものとしては、特公昭63-66362号公報、特公平5-68522号公報および特公平6-19081号公報が知られている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】Moを必須として含み、Mn、Cr、V、Siを限定した高強度用の公知の予合金鋼粉については、次の問題点がある。特公昭58-10962号公報に記載の予合金鋼粉は、Mnが0.35~1.50%と高いため、水アトマイズ、還元焼鈍、焼結および浸炭焼入れの各工程でMnが酸化し、かつ浸炭焼入れ材は残留オーステナイトが増加するため合金量の割りには強度が低いという問題点がある。

【0010】特公平4-74406号公報および特開昭59-226153号公報に記載の予合金鋼粉は、Cが0.03~0.4%と高いため、圧縮性が悪いという問題点がある。特公平4-59361号公報に記載の予合金鋼粉は、Crが0.1~0.3%と高いため、水アトマイズ、還元焼鈍、焼結および浸炭焼入れの各工程でCrが酸化し、かつ浸炭焼入れ材は残留オーステナイトが増加するため合金量の割りには強度が低いという問題点がある。

【0011】特開昭61-295302号公報およびW090/06198号公報に記載の予合金鋼粉は、Moが0.2~最大2.5%といった単一元素の予合金なので、浸炭焼入れ材の強度が低いという問題点がある。また、Moを必須として含み、

Mn、Cr、V、Siなどを限定した高強度用の予合金鋼粉を母粉とし、これにCu粉または酸化Cu粉およびNi粉または酸化Ni粉を部分的に拡散付着した公知の部分拡散予合金鋼粉についても、次の問題点がある。

【0012】特公昭63-66362号公報および特公平5-68522号公報に記載の部分拡散予合金鋼粉は、Moが0.1~最大2.0%といった単一元素の予合金なので、浸炭焼入れ材の強度が低いという問題点がある。特公平6-19081号公報に記載の部分拡散予合金鋼粉は、Mnを0.05~0.25%含むが、Moが0.2~1.5%であるため、このMn量ではMnによる基地強化はない。したがってこれもMoの単一元素の予合金と同じで、浸炭焼入れ材の強度が低いという問題点がある。

【0013】本発明は、前記問題点である粉末の段階における③の低酸素量化と②の純鉄粉並みの高圧縮性とを確保し、かつ焼結材または浸炭焼入れ材における③の低酸素量化と①の基地強化を達成した、MoとVを必須元素として含む、高強度用の予合金鋼粉および部分拡散予合金鋼粉を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記の問題点を解決した、粉末段階における③の低酸素量化と②の純鉄粉並みの高圧縮性とを確保し、かつ焼結材または浸炭焼入れ材における③の低酸素量化と①の基地強化を向上した、C:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、O:0.25%以下とし、Mo:0.1~6.0%とV:0.05~2.0%とを基本組成として予合金で含む鋼粉である。

【0015】本発明のMo-V予合金鋼粉は、溶鋼のアトマイズ工程、還元焼鈍工程、焼結工程および浸炭焼入れなどの熱処理工程でFeより易酸化性の元素の量を低く制限することにより、低酸素量化を達成できるという知見に基づいている。本発明のMo-V予合金鋼粉は、低酸素量化、低炭素量化およびマトリックスの硬さが純鉄並みであることにより純鉄粉並みの高圧縮性を確保できるという知見に基づいている。

【0016】本発明のMo-V予合金鋼粉は、Mo単一予合金鋼粉に比べ、黒鉛と混合して焼結し、さらに熱処理した場合、Mo炭化物に加えて、Mo-Vの相互作用により一層微細なV炭化物を析出し、かつ組織が微細化するために一段と高強度化を達成できるという知見に基づいている。本発明のMo-Vを必須とし、さらにCu、Ni、CoおよびWの1種以上を含む予合金鋼粉は、Cを含む焼結熱処理材においてマトリックスを固溶強化し、かつ組織が微細化するために一段と高強度化を達成できるという知見に基づいている。

【0017】本発明のMo-Vを必須とし、またはさらにCu、Ni、CoおよびWの1種以上を予合金として含み、これらにNbおよびBの1種以上を含む予合金鋼粉は、Cを含む焼結熱処理材においてマトリックスを固溶強化と、Nb

およびBの炭窒化物の析出と、組織が微細化するために一段と高強度化を達成できるという知見に基づいている。

【0018】本発明のMo-Vを必須として含む予合金鋼粉にMo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉およびW粉の1種以上を配合した鋼粉は、同一組成の予合金鋼粉に比べ、圧縮性が優れるためにCを含む焼結熱処理材において一段と高強度化を達成できるという知見に基づいている。本発明のMo-Vを必須として含む予合金鋼粉を母粉とし、これにMo粉または酸化Mo粉、Cu粉または酸化Cu粉、Ni粉または酸化Ni粉、Co粉または酸化Co粉およびW粉または酸化W粉をMo、Cu、Ni、CoおよびWとして1種以上を部分的に拡散付着した部分拡散予合金鋼粉は、Mo単一予合金鋼粉を用いた部分拡散予合金鋼粉に比べ、Cを含む焼結熱処理材において組織が複合化するとともに微細化するために一段と高強度化を達成できるという知見に基づいている。

【0019】すなわち本発明は以下の手段から構成される。重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下を予合金して含み、残部がFeおよび不可避免的な不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉であり、重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下と、Cu:4.0%以下、Ni:6.0%以下、Co:10.0%以下、W:4.0%以下のうちの1種以上とを予合金して含み、残部がFeおよび不可避免的な不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉であり、重量%でC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%、O:0.25%以下と、Nb:0.10%以下、B:0.03%以下の1種以上とを予合金して含み、残部がFeおよび不可避免的な不純物からなることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉であり、請求項1~4のそれぞれに記載の予合金鋼粉に重量%で、Mo粉:4%以下、Cu粉:4%以下、Ni粉:10%以下、Co粉:4%以下およびW粉:4%以下のうちの1種以上の粉末を混合したことを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉であり、請求項1~4のそれぞれに記載の予合金鋼粉表面上に、重量

%で、Mo量:4%以下、Cu量:4%以下、Ni量:10%以下、Co量:4%以下およびW量:4%以下の1種以上の金属粉末が部分的に拡散付着していることを特徴とする粉末冶金用合金鋼粉である。

【0020】

【作用】本発明は、純鉄粉並みの高圧縮性をもつ低酸素、低炭素のMo-V予合金鋼粉および部分拡散Mo-V予合金鋼粉であり、Mo単一予合金鋼粉または部分拡散予合金鋼粉に比べ、Cを含む焼結熱処理材において一段と高強度化を達成したものである。したがって本発明では、その酸化物が酸化Feより易還元性元素であるMo、Cu、Ni、CoおよびWを予合金または部分拡散付着させて含むことができるが、その酸化物が酸化Feより難還元性元素であるSi、Mn、Crを低い量に限定し、Al、Ti、Zr、Ca、Mgなどは現在の溶鋼精錬技術で不可避免的に混入する量にとどめるものである。以下に、本発明鋼粉における各合金元素についてその作用効果および含有量の限定理由を述べる。

【0021】C:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、O:0.25%以下の予合金について、C、Si、Mn、P、S、CrおよびOはその予合金量が低いほど圧縮性が向上する傾向を示す。C、P、Sは鋼粉のフェライト相の硬化作用が大きく圧縮加工性を著しく悪化させる元素である。また、Si、Mn、Cr、Alは鋼粉のO量と正相関があり、さらに鋼粉O量と圧粉密度の間にも正相関がある。Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下にすることがO:0.25%以下の鋼粉を製造できる条件である。これに加えてC:0.02%以下、P:0.03%以下およびS:0.03%以下にしたとき純鉄粉並みの圧粉密度をもつ鋼粉を製造できるのである。

【0022】すなわち、潤滑剤としてステアリン酸亜鉛粉を1wt%混合してJSPM標準1-64に基づいて686MPaで成形して圧粉密度を測定したとき、7.0Mg/m³以上の純鉄粉並みの圧粉密度を得るには、C:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、O:0.25%以下に抑えなければならない。

【0023】Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%の予合金について、MoとVはともに鋼粉のフェライト相の硬化作用が小さく圧縮加工性が良好で、浸炭窒化性に優れ、Cを含む焼結熱処理材においてベイナイト相またはマルテンサイト相に変態し、微細炭窒化物を析出して組織を微細化するために、高強度化を達成するための必須元素である。Mo:0.1%未満とV:0.05%未満では強度の向上効果がなく、Mo:6.0%超え、V:2.0%超えでは純鉄粉並みの圧粉密度を得ることができない。したがってMo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%に限定する。

【0024】Cu:4.0%以下、Ni:6.0%以下、Co:1

0.0%以下、W:4.0%以下の予合金について;Mo-Vを必須とする予合金鋼粉に、Cu、Ni、CoおよびWの1種以上を予合金として含ませることにより、黒鉛とともに焼結・熱処理する際、焼結材ではベイナイト相またはマルテンサイト相変態開始を低温側に移行させて組織を微細化し、浸炭焼入れ材ではマルテンサイト変態開始を低温側に移行させて基地を強化するため、焼結材および浸炭焼入れ材のいずれにおいても高強度化する。Cu:4.0%超え、Ni:6.0%超え、Co:10.0%超え、W:4.0%超えと圧粉密度が低下しすぎ、また浸炭焼入れ材の残留オーステナイトが増大して強度を低下させる。よって、Cu:4.0%以下、Ni:6.0%以下、Co:10.0%以下、W:4.0%以下に限定する。

【0025】Nb:0.10%以下またはB:0.03%以下の予合金について;Mo-V予合金鋼粉、およびCu、Ni、CoおよびWの1種以上を含むMo-Vを必須とする予合金鋼粉に、NbまたはBの1種以上を予合金として含ませることにより、黒鉛とともに焼結・熱処理する際、炭窒化物が微細析出してマトリックスをさらに強化するが、それぞれNb:0.10%超え、B:0.03%超えの範囲では強度の向上効果がない。よって、Nb:0.10%以下、B:0.03%以下に限定する。

【0026】Mo量が4%以下のMo粉または酸化Mo粉、Cu量が4%以下のCu粉または酸化Cu粉、Ni量が10%以下のNi粉または酸化Ni粉、Co量が4%以下のCo粉または酸化Co粉、W量が4%以下のW粉または酸化W粉を配合することについて;Mo-V予合金鋼粉、またはCu、Ni、CoおよびWの1種以上を含むMo-Vを必須とする予合金鋼粉、またはCu、Ni、Co、Wの1種以上とNb、Bの1種以

上とを含むMo-Vを必須とする予合金鋼粉に、Mo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉、W粉の1種以上を配合することにより、黒鉛とともに焼結・熱処理する際、完全合金相と部分的な濃化相から成る複合組織を形成して基地を強化するため、焼結材および浸炭焼入れ材のいずれにおいても一段と高強度化することができる。このときの複合組織はC量とMo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉およびW粉との配合組み合わせによって、Mo、V、Wの炭窒化物が微細析出したベイナイト相とマルテンサイト相とが配分される。この場合の配合とは、Mo、Cu、Ni、Co、Wがそれぞれ金属粉のときは混合および部分拡散熱処理を行うことを意味する。また、Mo、Cu、Ni、Co、Wがそれぞれ酸化物粉のときは酸素除去と部分拡散とを兼ねた熱処理をすることを意味する。

【0027】それぞれ、Mo量が4%を超え、Cu量が4%を超え、Ni量が10%を超え、Co量が4%を超えると圧粉密度が低下し過ぎ、また浸炭焼入れ材の残留オーステナイトが増大して強度を低下させる。したがって、Cu、Ni、Co、Wの粉末配合量は、それぞれMo量が4%以下、Cu量が4%以下、Ni量が10%以下、Co量が4%以下およびW量が4%以下に限定する。

【0028】

【実施例】次に本発明について実施例に従って具体的に説明する。

(実施例1)表1に、水アトマイズ法で製造したMo-V系の予合金鋼粉の化学組成を示す。

【0029】

【表1】

番号	化 学 成 分 (wt%)																圧粉密度 (kg/cm ³)	引張強さ (M P a)	焼戻し材 焼入れ材 浸炭焼入れ	比較例	
	O	C	N	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al	Ni	Cu	Nb	B	Co					W
1-1	0.30	0.025	0.0060	0.11	0.32	0.034	0.034	0.11	0.05	0.11	0.11	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.05	450	1100	比較例
1-2	0.06	0.001	0.0030	0.024	0.28	0.010	0.010	0.11	0.04	0.010	0.010	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.20	470	1150	比較例
1-3	0.05	0.001	0.0030	0.024	0.25	0.010	0.010	0.10	0.05	0.020	0.012	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.20	510	1250	比較例
1-4	0.08	0.001	0.0040	0.028	0.10	0.010	0.010	0.11	0.15	0.025	0.028	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.20	520	1300	比較例
1-5	0.17	0.002	0.0060	0.023	0.10	0.008	0.008	0.11	0.50	0.038	0.043	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.15	580	1350	比較例
1-6	0.20	0.010	0.0070	0.040	0.10	0.015	0.015	0.11	1.05	0.056	0.076	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.13	550	1380	比較例
1-7	0.24	0.018	0.0010	0.080	0.25	0.025	0.025	0.10	2.00	0.095	0.094	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.12	540	1340	比較例
1-8	0.28	0.022	0.0050	0.11	0.31	0.033	0.031	0.10	2.10	0.12	0.11	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.05	480	1100	比較例
1-9	0.06	0.002	0.0039	0.26	0.14	0.010	0.010	0.34	0.04	0.026	0.010	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.20	510	1150	比較例
1-10	0.06	0.001	0.0066	0.014	0.10	0.010	0.010	0.54	0.05	0.016	0.066	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.20	610	1400	比較例
1-11	0.16	0.002	0.0024	0.008	0.10	0.003	0.001	0.53	0.15	0.026	0.012	0.028	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.20	630	1480	比較例
1-12	0.16	0.001	0.0045	0.024	0.10	0.010	0.015	0.54	0.30	0.036	0.043	0.020	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.15	680	1500	比較例
1-13	0.20	0.010	0.0067	0.036	0.10	0.020	0.022	0.54	1.02	0.080	0.073	0.020	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.13	650	1480	比較例
1-14	0.24	0.018	0.0068	0.094	0.25	0.026	0.026	0.52	2.00	0.081	0.096	0.020	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.10	640	1450	比較例
1-15	0.26	0.022	0.0048	0.11	0.34	0.033	0.032	0.54	2.05	0.11	0.12	0.020	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.04	530	1140	比較例
1-16	0.06	0.001	0.0060	0.022	0.04	0.010	0.012	2.02	0.04	0.023	0.010	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.18	620	1250	比較例
1-17	0.06	0.001	0.0038	0.014	0.10	0.008	0.010	2.02	0.05	0.021	0.010	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.18	710	1500	比較例
1-18	0.12	0.001	0.0060	0.010	0.10	0.008	0.009	2.02	0.15	0.020	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.16	750	1540	比較例
1-19	0.18	0.001	0.0060	0.010	0.10	0.008	0.009	2.10	0.55	0.016	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.08	780	1600	比較例
1-20	0.20	0.001	0.0060	0.014	0.10	0.008	0.009	2.10	1.20	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.06	730	1550	比較例
1-21	0.22	0.001	0.0066	0.010	0.10	0.008	0.009	2.10	1.99	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.05	730	1520	比較例
1-22	0.26	0.001	0.0060	0.010	0.10	0.008	0.009	2.10	2.15	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	6.90	530	1200	比較例
1-23	0.08	0.001	0.0015	0.010	0.10	0.008	0.008	6.00	0.04	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.10	750	1350	比較例
1-24	0.08	0.001	0.0015	0.010	0.10	0.008	0.008	6.00	0.05	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.10	840	1600	比較例
1-25	0.14	0.001	0.0010	0.010	0.10	0.008	0.008	6.00	0.16	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.08	860	1640	比較例
1-26	0.20	0.001	0.0045	0.010	0.10	0.008	0.008	6.00	1.20	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.05	840	1530	比較例
1-27	0.22	0.001	0.0043	0.010	0.10	0.008	0.008	6.00	2.00	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	7.03	840	1520	比較例
1-28	0.26	0.002	0.0048	0.010	0.10	0.008	0.008	6.20	2.00	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	6.95	780	1380	比較例
1-29	0.28	0.002	0.0048	0.010	0.10	0.008	0.008	6.00	2.21	0.018	0.034	0.010	0.010	<0.002	<0.001	-	-	6.90	700	1250	比較例

【0030】これらのMo-V系の予合金鋼粉は、電解Feを主原料として高周波誘導電気炉でAr中で溶製した後、8mmφの耐火物製ノズルから溶鋼を自然流下させ、円環型水ノズルから12MPaの圧力で0.3m³/minの水を噴射して粉末にした。合金組成の調整は電解Feの溶鋼に低炭素含有のフェオアロイと電解メタルを投入して行った。Mo-V系の各予合金鋼粉は、水アトマイズ後、脱水・真空乾燥した後、180μm篩を通過した鋼粉についてH₂ガス（露点が0℃）中で950℃×45minの条件で還元焼鈍し、ハンマーミルで解砕し、もう一度180μm篩を通過させて製造した。

【0031】これらのMo-V系の予合金鋼粉について、圧粉密度、焼結材引張強さおよび浸炭焼入れ焼戻し材引張強さを測定した。圧粉密度はJSPM標準で1-64に準拠

し、潤滑剤としてステアリン酸亜鉛粉を1wt%配合し、686MPaで成形して測定した。焼結材の引張強さは0.9wt%の黒鉛粉と1wt%のステアリン酸亜鉛粉を配合し、686MPaで10×10×55mmのバーを成形した後、N₂-10vol H₂ガス中で1150℃×60min保持し700～300℃間を20～30℃/minの速度で冷却して焼結し、平行部が5φ×15mmの小型丸棒試験片に機械加工して測定した。また、浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さは、0.15wt%の黒鉛粉と1wt%のステアリン酸亜鉛粉を配合し、686MPaで10×10×55mmのバーを成形した後、N₂-10vol H₂ガス中で1150℃×60min保持し、700～300℃間を20～30℃/minの速度で冷却して焼結し、平行部が5φ×15mmの小型丸棒試験片に機械加工し、カーボンポテンシャルが0.9%のメタノール滴注エンリッチのプロパン変成ガス中で920℃×150m

in浸炭し、カーボンポテンシャルが0.7%のメタノール滴注エンリッチのプロパン変成ガス中で870℃×44min拡散焼鈍を行い、60℃の油中に焼入れ、180℃×60min油中で焼戻しして測定した。

【0032】表1から、本発明のC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、O:0.25%以下とし、Mo:0.1~6.0%とV:0.05~2.0%としたMo-V系の各予合金鋼粉は、7.0Mg/m³以上の純鉄粉並みの圧粉密度を示し、その焼結体および浸炭焼入れ焼戻し体の引張強さが強い。

【0033】一方、予合金鋼粉はFeより易酸化元素であるSi、Mn、Cr、Al、Vが所定量を超えるとO量が急増し、かつC、P、S、Mo、Vが所定量を超えると圧縮性が急

減する。このために焼結体および浸炭焼入れ焼戻し体の強度も急減する。また、所定量を超えてMo、Vを予合金しても圧縮性が急減するために、合金量を多くしたにもかかわらず焼結体および浸炭焼入れ焼戻し材の強度が急減する。

【0034】(実施例2)表2に水アトマイズ法で製造したMo-V-Cu-Ni-Co-W系の予合金鋼粉の化学組成を示す。これらのMo-V-Cu-Ni-Co-W系の予合金鋼粉は実施例1に示したMo-V系の予合金鋼粉と同様の方法および条件で製造し、圧粉密度、焼結材の引張強さおよび浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さを測定した。

【0035】

【表2】

13

14

番号	化 学 成 分 (wt%)																	圧縮密度 (kg/m ³)	引張強さ (MPa)		
	O	C	total N	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al	Ni	Cu	Nb	B	Co	W		焼結材 浸炭焼入れ 焼戻し材		
																			焼結材	焼戻し材	
2-1	0.16	0.001	0.0025	0.008	0.06	0.003	0.001	0.53	0.15	0.025	0.012	0.12	0.010	<0.002	<0.0001	0.002	<0.010	7.20	660	1560	焼戻材
2-2	0.16	0.001	0.0025	0.008	0.06	0.008	0.009	0.53	0.15	0.023	0.010	0.55	0.010	<0.002	<0.0001	0.002	<0.010	7.20	680	1520	焼戻材
2-3	0.16	0.001	0.0025	0.008	0.06	0.008	0.008	0.54	0.15	0.020	0.004	2.20	0.010	<0.002	<0.0001	0.002	<0.010	7.10	800	1560	焼戻材
2-4	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.56	0.15	0.020	0.004	6.00	0.010	<0.002	<0.0001	0.002	<0.010	7.05	960	1600	焼戻材
2-5	0.16	0.001	0.0065	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	6.45	0.010	<0.002	<0.0001	0.002	<0.010	6.95	800	1350	比較材
2-6	0.16	0.001	0.0047	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.025	0.15	<0.002	<0.0001	0.004	<0.010	7.20	650	1510	焼戻材
2-7	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.56	0.15	0.020	0.004	0.022	2.10	<0.002	<0.0001	0.006	<0.010	7.05	700	1520	焼戻材
2-8	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	4.00	<0.002	<0.0001	0.006	<0.010	7.02	740	1540	焼戻材
2-9	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	4.50	<0.002	<0.0001	0.006	<0.010	6.80	700	1300	比較材
2-10	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	0.15	<0.010	7.20	650	1520	焼戻材
2-11	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	6.50	<0.010	7.10	860	1570	焼戻材
2-12	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	10.00	<0.010	7.05	850	1550	焼戻材
2-13	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	11.05	<0.010	6.85	720	1330	比較材
2-14	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	0.020	0.15	7.20	650	1500	焼戻材
2-15	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	0.020	2.20	7.15	760	1520	焼戻材
2-16	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	0.020	4.00	7.10	830	1550	焼戻材
2-17	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.020	<0.002	<0.0001	0.020	4.50	6.90	700	1300	比較材
2-18	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	6.00	4.00	<0.002	<0.0001	10.00	4.00	7.05	860	1570	焼戻材
2-19	0.26	0.022	0.0060	0.11	0.34	0.033	0.032	0.55	0.15	0.12	0.11	6.50	4.50	<0.002	<0.0001	11.05	4.50	6.70	750	1380	比較材
2-20	0.18	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	2.50	2.50	<0.002	<0.0001	8.50	2.50	7.05	900	1580	焼戻材
2-21	0.20	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	6.00	1.20	0.020	0.004	2.50	2.50	<0.002	<0.0001	6.50	2.50	7.03	980	1600	焼戻材
2-22	0.28	0.022	0.0060	0.11	0.32	0.035	0.035	6.50	1.20	0.11	0.11	6.00	4.00	<0.002	<0.0001	10.00	4.00	6.70	780	1350	比較材

【0036】表2から、本発明のC:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、Al:0.1%以下、O:0.25%以下とし、Mo:0.1~6.0%、V:0.05~2.0%と、Cu:4.0%以下、Ni:6.0%以下、Co:10.0%以下、W:4.0%以下のうちの1種以上とを予合金したMo-V-Cu-Ni-Co-W系の予合金鋼粉は、いずれも7.0 Mg/m^3 以上の純鉄粉並みの圧粉密度を示し、その焼結材および浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さは表1に示したMo-V系

40 の予合金鋼粉と比べて一段と大である。

【0037】(実施例3)表3に水アトマイズ法で製造したMo-V-Nb-B系の予合金鋼粉の化学組成を示す。これらのMo-V-Nb-B系の予合金鋼粉は実施例1に示したMo-V系の予合金鋼粉と同様の方法および条件で製造するとともに圧粉密度、焼結材の引張強さおよび浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さを測定した。

【0038】

【表3】

番号	化 学 成 分 (wt%)																	引張強さ (MPa)			
	O	C	total N	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al	Ni	Cu	Nb	B	Co	W	圧粉密度 (kg/m³)	引張強さ (MPa)		
																			焼結材	焼入れ 焼戻し材	
3-1	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	0.008	<0.0001	0.020	<0.01	7.20	630	1480	焼明肉
3-2	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	0.010	<0.0001	0.020	<0.01	7.20	650	1520	焼明肉
3-3	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	0.095	<0.0001	0.020	<0.01	7.15	670	1560	焼明肉
3-4	0.26	0.022	0.0060	0.11	0.34	0.033	0.032	0.55	0.15	0.11	0.12	0.022	0.010	0.11	<0.0001	0.020	<0.01	7.05	600	1350	比較肉
3-5	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	<0.002	0.0008	0.020	<0.01	7.20	630	1480	焼明肉
3-6	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	<0.002	0.001	0.020	<0.01	7.20	650	1510	焼明肉
3-7	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	<0.002	0.03	0.020	<0.01	7.20	665	1540	焼明肉
3-8	0.26	0.022	0.0060	0.11	0.34	0.033	0.032	0.55	0.15	0.11	0.12	0.022	0.010	<0.002	0.04	0.020	<0.01	7.10	600	1380	比較肉
3-9	0.26	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	0.046	0.01	0.020	<0.01	7.15	630	1350	比較肉
3-10	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	0.046	0.01	0.020	<0.01	7.20	670	1550	焼明肉
3-11	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	0.022	0.010	0.095	0.03	0.020	<0.01	7.15	680	1580	焼明肉
3-12	0.26	0.022	0.0060	0.11	0.34	0.033	0.032	0.55	0.15	0.11	0.12	0.022	0.010	0.11	0.04	0.020	<0.01	7.05	620	1380	比較肉
3-13	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	0.022	0.010	0.046	0.01	0.020	<0.01	7.08	800	1650	焼明肉
3-14	0.16	0.001	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	6.00	1.20	0.020	0.004	0.022	0.010	0.046	0.01	0.020	<0.01	7.02	860	1680	焼明肉
3-15	0.26	0.002	0.0065	0.008	0.06	0.008	0.008	6.00	1.20	0.020	0.004	0.022	0.010	0.11	0.04	0.020	<0.01	6.95	700	1350	比較肉

【0039】表3から、本発明のC：0.02%以下、Si：0.1%以下、Mn：0.3%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下、Cr：0.1%以下、Al：0.1%以下、O：0.25%以下とし、Mo：0.1～6.0%、V：0.05～2.0%と、Nb：0.008～0.10%、B：0.0008～0.03%の1種以上とを予合金したMo-V-Nb-B系の予合金鋼粉は、いずれも7.0Mg/m³以上の純鉄粉並みの圧粉密度を示し、その焼結材および浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さは表1に示し

たMo-V系の予合金鋼粉と比べて一段と大である。

【0040】(実施例4)表4に水アトマイズ法で製造したMo-V-Cu-Ni-Co-W-Nb-B系の予合金鋼粉の化学組成を示す。これらのMo-V-Cu-Ni-Co-W系の予合金鋼粉は実施例1に示したMo-V系の予合金鋼粉と同様の方法および条件で製造し、圧粉密度、焼結材の引張強さおよび浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さを測定した。

【0041】

* * 【表4】

番号	化 学 成 分 (wt%)																引張強さ (MPa)				
	O	C	total N	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al	Ni	Cu	Nb	B	Co	W	圧粉密度 (kg/m³)	引張強さ (MPa)		
																			焼結材	炭化焼入れ 炭化し材	
4-1	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.05	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	0.008	<0.0001	6.50	2.20	7.08	880	1500	炭焼入れ
4-2	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	0.046	<0.0001	6.50	2.20	7.08	920	1630	炭焼入れ
4-3	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	0.095	<0.0001	6.50	2.20	7.05	950	1650	炭焼入れ
4-4	0.26	0.022	0.0068	0.11	0.34	0.033	0.032	0.55	0.15	0.11	0.12	2.50	2.50	0.11	<0.0001	6.50	2.20	6.95	800	1380	比較例
4-5	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	<0.002	0.0008	6.50	2.20	7.08	880	1500	炭焼入れ
4-6	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	<0.002	0.01	6.50	2.20	7.08	910	1620	炭焼入れ
4-7	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	<0.002	0.03	6.50	2.20	7.08	930	1640	炭焼入れ
4-8	0.28	0.022	0.0063	0.11	0.34	0.033	0.032	0.55	0.15	0.11	0.12	2.50	2.50	<0.002	0.04	6.50	2.20	6.97	750	1350	比較例
4-9	0.26	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	0.11	0.04	6.50	2.20	6.90	800	1380	比較例
4-10	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	0.046	0.01	6.50	2.20	7.08	950	1650	炭焼入れ
4-11	0.16	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	0.55	0.15	0.020	0.004	2.50	2.50	0.095	0.03	6.50	2.20	7.05	980	1670	炭焼入れ
4-12	0.18	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	6.00	4.00	0.046	0.01	10.00	4.00	7.02	980	1680	炭焼入れ
4-13	0.18	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	6.00	1.20	0.020	0.004	6.00	4.00	0.046	0.01	10.00	4.00	7.00	1000	1700	炭焼入れ
4-14	0.28	0.002	0.0060	0.11	0.34	0.033	0.032	6.00	1.20	0.020	0.004	6.00	4.00	0.11	0.04	10.00	4.00	6.75	850	1400	比較例

【0042】表4から、本発明のC：0.02%以下、Si：0.1%以下、Mn：0.3%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下、Cr：0.1%以下、Al：0.1%以下、O：0.25%以下とし、Mo：0.1～6.0%、V：0.05～2.0%と、Cu：4.0%以下、Ni：6.0%以下、Co：10.0%以下、W：4.0%以下のうちの1種以上と、さらにNb：0.008～0.10%、B：0.0008～0.03%の1種以上とを予合金したMo-V-Cu-Ni-Co-W-Nb-B系の予合金鋼粉は、いずれも $7.0\text{kg}/\text{m}^3$ 以上の純鉄粉並みの圧粉密度を示し、

その焼結材および浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さは表2に示したMo-V-Cu-Ni-Co-W系の予合金鋼粉と比べて一段と大である。

【0043】(実施例5)表5に、2.10%Mo-0.55%V予合金鋼粉(A)、2.10%Mo-0.55%V-2.50%Ni-2.50%Cu-6.50%Co-2.50%W予合金鋼粉(B)および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01%B予合金鋼粉(C)の化学組成および、表6にそのそれぞれに対するMo粉：4%以

下、Cu粉：4%以下、Ni粉：10%以下、Co粉：4%以下 *【0044】
 およびW粉：4%以下のうちの1種以上の金属粉の配合 【表5】
 の状況を示す。 *

	化 学 成 分 (wt%)																
	O	C	total N	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al	Ni	Cu	Nb	B	Co	W
予合金鋼粉 A	0.18	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	0.028	0.010	<0.002	<0.0001	0.002	<0.01
予合金鋼粉 B	0.18	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	2.50	2.50	<0.002	<0.0001	6.50	2.50
予合金鋼粉 C	0.20	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	6.00	4.00	0.046	0.01	10.00	4.00

【0045】

※ ※【表6】

番号	予合金鋼粉	配 合 粉					圧粉密度 (kg/m ³)	引張強さ (MPa)		
		Mo	Ni	Cu	Co	W		焼結材	浸炭焼入れ 焼戻し材	
5-1	A	—	—	—	—	—	7.08	780	1600	発明例
5-2	A	2	—	—	—	—	7.20	980	1800	発明例
5-3	A	4	—	—	—	—	7.10	1050	1850	発明例
5-4	A	5	—	—	—	—	7.00	800	1400	比較例
5-6	A	—	4	—	—	—	7.25	950	1700	発明例
5-7	A	—	10	—	—	—	7.20	1000	1750	発明例
5-8	A	—	11	—	—	—	7.00	800	1400	比較例
5-9	A	—	—	4	—	—	7.25	850	1630	発明例
5-10	A	—	—	5	—	—	7.00	750	1400	比較例
5-11	A	—	—	—	4	—	7.25	950	1650	発明例
5-12	A	—	—	—	5	—	7.00	750	1400	比較例
5-13	A	—	—	—	—	4	7.25	900	1680	発明例
5-14	A	—	—	—	—	5	7.00	800	1400	比較例
5-15	A	4	4	4	4	4	7.20	1000	1700	発明例
5-16	A	5	11	5	5	5	6.90	800	1400	比較例
5-17	B	—	—	—	—	—	7.05	900	1580	発明例
5-18	B	4	4	4	4	4	7.20	1050	1730	発明例
5-19	B	5	11	5	5	5	6.90	800	1400	比較例
5-20	C	—	—	—	—	—	7.00	1000	1700	発明例
5-21	C	4	4	4	4	4	7.15	1100	1750	発明例
5-22	C	5	11	5	5	5	6.85	800	1400	比較例

【0046】これらの2.10%Mo-0.55%V予合金鋼粉、2.10%Mo-0.55%V-2.50%Ni-2.50%Cu-6.50%Co-2.50%W予合金鋼粉および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01% B予合金鋼粉はいずれも実施例1に示したMo-V系の予合金鋼粉と同様の方法および条件で製造した。また、Mo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉およびW粉はいずれも酸化物を還元して得た25μm以下の金属粉を用いて混合した。圧粉密度、焼結材の引張強さおよび浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さは実施例1と同様の方法および条件で製造し、測定した。

【0047】表5から、本発明の2.10%Mo-0.55%V予合金鋼粉、2.10%Mo-0.55%V-2.50%Ni-2.50%Cu-6.50%Co-2.50%W予合金鋼粉および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01% B予合金鋼粉(D)および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01% B予合金鋼粉(C)の組成および、表8にそのそれぞれに対するMo量で4%以下のMo

50%Co-2.50%W予合金鋼粉および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01% B予合金鋼粉にMo粉：4%以下、Cu粉：4%以下、Ni粉：10%以下、Co粉：4%以下およびW粉：4%以下のうちの1種以上の金属粉を配合した鋼粉は、いずれも、それぞれの元の予合金鋼粉より高い圧粉密度を示し、また、その焼結材および浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さもそれぞれの予合金鋼粉と比べて一段と高い。

【0048】(実施例6)表7に、2.10%Mo-0.55%V-0.046%Nb-0.01% B予合金鋼粉(D)および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01% B予合金鋼粉(C)の組成および、表8にそのそれぞれに対するMo量で4%以下のMo

21

22

粉または酸化Mo粉、Cu量で4%以下のCu粉または酸化Cu粉、Ni量で10%以下のNi粉または酸化Ni粉、Co量で4%以下のCo粉または酸化Co粉およびW量で4%以下のW粉*

*または酸化W粉の1種以上の粉末の配合の状況を示す。
【0049】
【表7】

	化 学 成 分 (wt%)																
	O	C	total N	Si	Mn	P	S	Mo	V	Cr	Al	Ni	Cu	Nb	B	Co	W
予合金鋼粉 D	0.18	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	0.020	0.010	0.046	0.01	0.002	<0.01
予合金鋼粉 C	0.20	0.002	0.0060	0.008	0.06	0.008	0.008	2.10	0.55	0.020	0.004	6.00	4.00	0.046	0.01	10.00	4.00

【0050】

※10※【表8】

番号	予合金鋼粉	配 合 粉					圧粉密度 (kg/m ³)	引張強さ (MPa)		
		Mo	Ni	Cu	Co	W		焼結材	浸炭焼入れ 焼戻し材	
6-1	D	—	—	—	—	—	7.08	780	1600	発明例
6-2	D	4	—	—	—	—	7.20	1100	1900	発明例
6-3	D	4	—	—	—	—	7.20	1100	1900	発明例
6-4	D	5	—	—	—	—	7.00	800	1400	比較例
6-5	D	—	4	—	—	—	7.24	1000	1750	発明例
6-6	D	—	10	—	—	—	7.18	1100	1750	発明例
6-7	D	—	10	—	—	—	7.18	1100	1750	発明例
6-8	D	—	11	—	—	—	6.95	780	1450	比較例
6-9	C	—	—	—	—	—	7.00	1000	1700	発明例
6-10	C	4	4	4	4	4	7.13	1150	1950	発明例
6-11	C	4	10	4	4	4	7.13	1150	1950	発明例
6-12	C	5	11	5	5	5	6.90	850	1450	比較例

【0051】予合金鋼粉はいずれも実施例1に示したMo-V系の予合金鋼粉と同様の方法および条件で製造した。また、Mo粉として25 μ m以下、Cu粉として45 μ m以下、Ni粉として45 μ m以下、Co粉として25 μ m以下、およびW粉として25 μ m以下のものを用いて混合した。さらに酸化物としては10 μ m以下の酸化Mo粉、酸化Cu粉、酸化Ni粉、酸化Co粉および酸化W粉を用いて混合した。予合金鋼粉へのこれらの金属粉および酸化金属粉の拡散付着は、H₂気流中で800から900℃の温度勾配のある連続炉で熱処理して行い、ハンマーミルで解砕し、180 μ mの篩通過粉にした。なお、圧粉密度、焼結材の引張強さおよび浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さは実施例1と同様の方法および条件で製造し、測定した。

【0052】表6から、本発明の2.10%Mo-0.55%V-0.046%Nb-0.01%B予合金鋼粉および2.10%Mo-0.55%V-6.00%Ni-4.00%Cu-10.00%Co-4.00%W-0.046%Nb-0.01%B予合金鋼粉に、Mo量で4%以下のMo粉または酸化Mo粉、Cu量で4%以下のCu粉または酸化Cu粉、Ni量で10%以下のNi粉または酸化Ni粉、Co量で4%以下のCo粉または酸化Co粉およびW量で4%以下のW粉または酸化W粉の1種以上の粉末を配合し、当該予合金鋼粉の表面にMo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉およびW粉の1種以上を部分的に拡散付着した鋼粉は、いずれも、それぞ

れの元の予合金鋼粉より高い圧粉密度を示し、また、その焼結材および浸炭焼入れ焼戻し材の引張強さもそれぞれの予合金鋼粉と比べて一段と高い。

【0053】

【発明の効果】本発明のMo-V予合金鋼粉は、C:0.02%以下、Si:0.1%以下、Mn:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、Cr:0.1%以下、O:0.25%以下とし、Mo:0.1~6.0%とV:0.05~2.0%とを基本組成としているから、溶鋼のアトマイズ工程、還元焼鈍工程、焼結工程および浸炭焼入れなどの熱処理工程での酸化を極微小に制御でき、かつ、鋼粉段階におけるFe基地の硬さを純鉄粉並みにできるようにになった。したがって、本発明のMo-V予合金鋼粉は、圧縮成形工程では純鉄粉並みの高圧縮性を示し、高密度の成形体が容易に得られるようになった。

【0054】本発明のMo-V予合金鋼粉は、Mo単一予合金鋼粉に比べ、Cを含む焼結材および浸炭焼入れなどの熱処理材においてMo炭化物の析出に加えて微細なV炭化物を析出し、かつ組織が微細化するために一段と高強度化を達成できるようになった。本発明のMo-Vを必須とし、さらにCu、Ni、CoおよびWの1種以上を含む予合金鋼粉は、Cを含む焼結材および浸炭焼入れなどの熱処理材においてFe基地を固溶強化するとともに組織を微細化

23

するために一段と高強度化を達成できるという効果がある。

【0055】本発明のMo-Vを必須とし、またはさらにCu、Ni、CoおよびWの1種以上を予合金して含み、これらにNbおよびBの1種以上を含む予合金鋼粉は、Cを含む焼結材および浸炭焼入れなどの熱処理材においてNbおよびBの炭窒化物を微細析出するとともに組織を微細化するために一段と高強度化を達成できるという効果がある。

【0056】本発明のMo-Vを必須として含む予合金鋼粉にMo粉、Cu粉、Ni粉、Co粉およびW粉1種以上を配合した鋼粉は、同一組成の予合金鋼粉に比べて圧縮性が優

24

れ、かつCを含む焼結材および浸炭焼入れなどの熱処理材において組織が複合化するために一段と高強度化を達成できるという効果がある。本発明のMo-Vを必須として含む予合金鋼粉を母粉とし、これにMo粉または酸化Mo粉、Cu粉または酸化Cu粉、Ni粉または酸化Ni粉、Co粉または酸化Co粉およびW粉または酸化W粉をMo、Cu、Ni、CoおよびWとして1種以上を部分的に拡散付着した部分拡散予合金鋼粉は、Mo単一予合金鋼粉を用いた部分拡散予合金鋼粉に比べて、Cを含む焼結材および浸炭焼入れなどの熱処理材において組織が複合化するとともに微細化するために容易に一段と高強度化を達成できるという効果がある。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.